

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

КРИПТОГРАФІЯ

Комп'ютерний практикум

Робота №1

Виконали:

Сернова А.Р., Колесник А.М.

студенти групи ФБ-93

Перевірила:

Селюх П.В.

Київ-2021

Мета роботи: Засвоєння понять ентропії на символ джерела та його надлишковості, вивчення та порівняння різних моделей джерела відкритого тексту для наближеного визначення ентропії, набуття практичних навичок щодо оцінки ентропії на символ джерела

Постановка задачі: реалізувати програму, що підраховує значення ентропії для літер та біграм (з перетином та без) у текстовому файлі, як з урахуванням пробілів, так і без них.

Під час виконання лаб. роботи виникли деякі труднощі: найбільша це вибір іншої мови програмування (вона була обрана через те, що python – дуже багата на функції з рядками мови), також деякі труднощі з фільтруванням тексту, які ми вирішили за допомогою різних інтернет ресурсів таких як stackoverflow та подібних. Дещо виникали складності під час початку роботи з біграммами, а саме продумування варіантів та алгоритмів їх підрахунку.

Нижче наведені таблиці для літер російського алфавіту без «ё» і «ъ» (вони були замінені) без урахування пробілів (*таб. 1*), та з пробілами (*таб. 2*)

о	0.1101
е	0.0841
а	0.0790
т	0.0661
и	0.0657
н	0.0629
с	0.0552
л	0.0454
р	0.0430
в	0.0410
к	0.0388
м	0.0319
у	0.0292
п	0.0288
д	0.0287
я	0.0240
ы	0.0196
ь	0.0193
г	0.0176
ч	0.0173
з	0.0168
б	0.0163
й	0.0104
ж	0.0100
х	0.0094
ш	0.0091
ю	0.0069
щ	0.0041
э	0.0034

_	0.1644
о	0.0920
е	0.0703
а	0.0660
т	0.0552
и	0.0549
н	0.0526
с	0.0462
л	0.0378
р	0.0359
в	0.0343
к	0.0324
м	0.0267
у	0.0244
п	0.02404
д	0.02402
я	0.0200
ы	0.0163
ь	0.0162
г	0.0147
ч	0.0145
з	0.0141
б	0.0136
й	0.0087
ж	0.0084
х	0.0079
ш	0.0076
ю	0.0058
щ	0.0035

ц	0.0028
ф	0.0022

Таб. 1

э	0.0028
ц	0.0023
ф	0.0018

Таб. 2

H = 4.475

H = 4.384

Для біграм без урахування пробілів наведено фрагменти з отриманого файлу after.txt: з перетинами (таб. 3) та без (таб. 4)

таб. 3

```

Bigram cross, no spaces
аа -> 0.0002151421081385549  аб -> 0.0016787860564197474  ав -> 0.004372297489020553  аг -> 0.0010909568318207036  ад
ба -> 0.00156020379209141  бб -> 2.1175404344345956e-05  бв -> 4.150379251491807e-05  бг -> 2.2022420518119794e-05  бд
ва -> 0.006969249077811141  вб -> 0.00015076887893174321  вв -> 0.00034219453420463066  вг -> 0.00024732872274196074
га -> 0.0014467036248057158  гб -> 5.336201894775181e-05  гв -> 9.063073059380069e-05  гг -> 8.470161737738383e-06  гд
да -> 0.004650965810192146  дб -> 0.00011265315111192048  дв -> 0.0012324085328409345  дг -> 6.522024538058554e-05  дд
еа -> 0.00021683614048610258  еб -> 0.002485145453852441  ев -> 0.003449049859607069  ег -> 0.004447681928486424  ед
жа -> 0.0016034016169538757  жб -> 1.439927495415525e-05  жв -> 1.6093307301702927e-05  жг -> 2.795153373453666e-05  ж
за -> 0.006252673394798474  зб -> 0.00020074283318439966  зв -> 0.000874120691334601  зг -> 0.0004379073618410744  зд
иа -> 0.00037861622967690566  иб -> 0.0011341546566831693  ив -> 0.00577072119192116  иг -> 0.0010867217509518345  ид
йа -> 0.0001439927495415525  йб -> 0.0002447876742206392  йв -> 0.0007131876183175717  йг -> 0.00022530630222384097  й
ка -> 0.009034274509471758  кб -> 0.0003498176797685952  кв -> 0.0006013814833794251  кг -> 0.00011011210259059897  кд
ла -> 0.004798346624428794  лб -> 0.0002591869491747945  лв -> 0.0006632136640649153  лг -> 0.00038200429437200103  лд
ма -> 0.003328773562931184  мб -> 0.0003692990517653935  мв -> 0.0008080534297802417  мг -> 0.00024902275508950845  мд
на -> 0.011203482930506558  нб -> 0.00018549654205647057  нв -> 0.0004167319574967284  нг -> 0.00020158984935817349  н
оа -> 0.00021260105961723338  об -> 0.005327731733037442  ов -> 0.008653964247447306  ог -> 0.0056047060218614875  од
па -> 0.0020963650300902495  пб -> 3.3880646950953528e-06  пв -> 6.7761293901907056e-06  пг -> 4.235080868869191e-06
ра -> 0.008686997878224485  рб -> 0.000534467205651292  рв -> 0.0006954002786683212  рг -> 0.00018803759057779208  рд
са -> 0.002193771890074241  сб -> 0.00020582493022704268  св -> 0.0018134616280497877  сг -> 0.00017872041266627986  с
та -> 0.007836593639755552  тб -> 0.0002947616284732957  тв -> 0.0028510564409227395  тг -> 0.0003167840489914155  тд
уа -> 0.00017448533179741067  уб -> 0.000837698995862326  ув -> 0.001283229503267365  уг -> 0.00148736040114686  уд ->
фа -> 0.00029137356377820033  фб -> 4.235080868869191e-06  фв -> 3.388064695095353e-05  фг -> 3.3880646950953528e-06
ха -> 0.0006327210818090572  хб -> 0.00016008605684325543  хв -> 0.0006632136640649153  хг -> 9.740685998399139e-05  х
ца -> 0.0006428852758943432  цб -> 3.3880646950953528e-06  цв -> 0.00016770920240721996  цг -> 1.0164194085286059e-05
ча -> 0.0023064250411861617  чб -> 7.623145563964544e-06  чв -> 3.133959842963201e-05  чг -> 1.1858226432833735e-05  ч
ша -> 0.0011680353036341228  шб -> 8.470161737738382e-07  шв -> 6.860831007568089e-05  шг -> 8.470161737738382e-07  шд
ща -> 0.0005488664806054471  щб -> 8.470161737738382e-07  щв -> 0.0  щг -> 0.0  щд -> 0.0  ще -> 0.0017702638031873218
ья -> 6.352621303303787e-05  ьб -> 0.00042435510306069297  ьв -> 0.002109917288870631  ьг -> 0.00034219453420463066  ь
ьа -> 0.00016008605684325543  ьб -> 0.00032101912986028466  ьв -> 0.0011138262685125972  ьг -> 0.0002219182375287456
эа -> 0.0  эб -> 0.0  эв -> 1.6940323475476764e-06  эг -> 1.3552258780381411e-05  эд -> 6.7761293901907056e-06  эе ->
юа -> 3.9809760167370394e-05  юб -> 0.0005166798660020413  юв -> 0.00022784735074516248  юг -> 0.00011773524815456352
яа -> 0.00018126146118760137  яб -> 0.00042520211923446677  яв -> 0.0019142565527288744  яг -> 0.0004497655882739081
Entropy is: 4.161762410713714

```

H = 4.16176

таб. 4

```

Bigram for no cross, no spaces
аа -> 0.00020158967860845525  аб -> 0.0016889488199380662  ав -> 0.004336719136450802  аг -> 0.0010452170731211504  ;
ба -> 0.0015551203778366547  бб -> 2.5410463690141418e-05  бв -> 3.726868007887408e-05  бг -> 1.6940309126760946e-05
ва -> 0.006967549143836777  вб -> 0.00017787324583098992  вв -> 0.00033203005888451454  вг -> 0.00025410463690141415
га -> 0.0014314561212113  гб -> 5.0820927380282835e-05  гв -> 9.825379293521348e-05  гг -> 8.470154563380473e-06  гд
да -> 0.004692465628112782  дб -> 0.00010672394749859395  дв -> 0.001236642566253549  дг -> 5.9291081943663306e-05  ;
еа -> 0.0002134478949971879  еб -> 0.0025410463690141417  ев -> 0.003471069340073318  ег -> 0.0044502192076001  ед ->
жа -> 0.0015754487487887679  жб -> 1.0164185476056568e-05  жв -> 1.6940309126760946e-05  жг -> 2.5410463690141418e-05
за -> 0.006227257634997324  зб -> 0.0001812613076563421  зв -> 0.0008300751472112863  зг -> 0.0004438360991211368  з;
иа -> 0.0003997912953915583  иб -> 0.0011146723405408702  ив -> 0.005895227576112809  иг -> 0.0011485529587943921  и;
йа -> 0.00014738068940282022  йб -> 0.00025918672963944246  йв -> 0.0007402915088394533  йг -> 0.0002202240186478923
ка -> 0.000934266857301613  кб -> 0.00034897036801127547  кв -> 0.0005929108194366331  кг -> 9.48657311098613e-05  к;
ла -> 0.004819517946563489  лб -> 0.00025410463690141415  лв -> 0.0006860825196338183  лг -> 0.00039470920265353  лд
ма -> 0.0033270767124958496  мб -> 0.0003743808317014169  мв -> 0.0007877243743943839  мг -> 0.00023716432777465323
на -> 0.011300880218462227  нб -> 0.00017787324583098992  нв -> 0.0004353659445577563  нг -> 0.0001880374313070465  ;
оа -> 0.0002202240186478923  об -> 0.005373466055008572  ов -> 0.00870562486024245  ог -> 0.005673309526552241  од ->
па -> 0.0021175386408451183  пб -> 3.3880618253521892e-06  пв -> 5.082092738028284e-06  пг -> 5.082092738028284e-06
ра -> 0.008700542767504421  рб -> 0.0005166794283662089  рв -> 0.0007030228287605792  рг -> 0.000215141925909864  рд
са -> 0.002200546155566247  сб -> 0.00020667177134648353  св -> 0.001792284705611308  сг -> 0.00017617921491831383  ;
та -> 0.007817952662000176  тб -> 0.0002845971933295839  тв -> 0.0028391958096451344  тг -> 0.0003455823061859233  т;
уа -> 0.0001829553385690182  уб -> 0.0008080527453464971  ув -> 0.001309485895498621  уг -> 0.0014094337193465106  у;
фа -> 0.000321865873408458  фб -> 5.082092738028284e-06  фв -> 3.04925564281697e-05  фг -> 5.082092738028284e-06  фд
ха -> 0.0006115451594760702  хб -> 0.00016432099852958118  хв -> 0.0006505078704676203  хг -> 8.470154563380473e-05
ца -> 0.000643731746816916  цб -> 3.3880618253521892e-06  цв -> 0.00016770906035493336  цг -> 1.0164185476056568e-05
ча -> 0.0023089641339775167  чб -> 1.0164185476056568e-05  чв -> 2.3716432777465325e-05  чг -> 1.1858216388732662e-05
ша -> 0.0011604111751831248  шб -> 0.0  шв -> 6.945526741971988e-05  шг -> 1.6940309126760946e-06  шд -> 3.388061825;
ща -> 0.0005166794283662089  щб -> 0.0  щв -> 0.0  щг -> 0.0  шд -> 0.0  ще -> 0.0018143071074760973  щж -> 0.0  щз
ыа -> 5.9291081943663306e-05  ыб -> 0.0004523062536845172  ыв -> 0.0021802177846141336  ыг -> 0.0003472763370985994
ья -> 0.00013721650392676366  ьб -> 0.0003303360279718384  ьв -> 0.001131612649667631  ьг -> 0.00019481355495775088
за -> 0.0  зб -> 0.0  зв -> 1.6940309126760946e-06  зг -> 1.1858216388732662e-05  зд -> 5.082092738028284e-06  зе ->
юа -> 2.7104494602817514e-05  юб -> 0.0005183734592788849  юв -> 0.0002422464205126815  юг -> 0.0001202761948000027
яа -> 0.00017448518400563773  яб -> 0.0004438360991211368  яв -> 0.0019498295804901847  яг -> 0.0004353659445577563
Entropy is: 4.161886497620161

```

$H = 4.16188$

Для біграм з урахуванням пробілів наведено фрагменти з отриманого файлу after.txt: з перетинами (таб. 6) та без (таб. 5)

таб. 5

Bigram cross, with spaces

```

aa -> 2.335504408795368e-05  ab -> 0.0010177137393477997  av -> 0.002600194908458843  ar -> 0.0005973229457646336
ба -> 0.0013008051828381473  бб -> 1.3446843565791513e-05  бв -> 2.6893687131583025e-05  бг -> 1.627775800069499e-05
ва -> 0.005771526804159463  вб -> 9.200471913436299e-06  вв -> 4.034053069737454e-05  вг -> 1.4154572174517383e-05
га -> 0.0012045540920514292  гб -> 7.077286087258692e-07  гв -> 1.769321521814673e-05  гг -> 1.4154572174517383e-06
да -> 0.0038726909469479556  дб -> 6.86496750464093e-05  дв -> 0.0009398635923879542  дг -> 1.2739114957065644e-05
еа -> 5.0956459828262575e-05  еб -> 0.001314959755012665  ев -> 0.001345392085187877  ег -> 0.0033666649917089594
жа -> 0.0013383147991006185  жб -> 7.0772860872586915e-06  жв -> 4.246371652355215e-06  жг -> 2.2647315479227813e-05
за -> 0.005212421203266026  зб -> 0.0001372993500928186  зв -> 0.0006383712050707339  зг -> 0.0003340479033186102
иа -> 0.0001372993500928186  иб -> 0.000394912563669035  ив -> 0.0032024719544845575  иг -> 0.000551320586197452  и,
йа -> 7.0772860872586915e-06  йб -> 8.49274330471043e-06  йв -> 1.2031386348339775e-05  йг -> 6.369557478532822e-06
ка -> 0.0074927272805807765  кб -> 3.5386430436293458e-06  кв -> 0.0001330529784404634  кг -> 3.5386430436293458e-05
ла -> 0.003927186049819848  лб -> 4.671008817590736e-05  лв -> 1.9108672435598466e-05  лг -> 0.00015499256531096534
ма -> 0.002686537798723399  мб -> 5.307964565444018e-05  мв -> 2.477050130540542e-05  мг -> 1.3446843565791513e-05
на -> 0.009334940349094214  нб -> 3.5386430436293458e-06  нв -> 2.6893687131583025e-05  нг -> 0.0001096979343525097
оа -> 9.908200522162167e-06  об -> 0.0035690753738045577  ов -> 0.005379445154925331  ог -> 0.004336960914272126  о,
па -> 0.0017495051207703485  пб -> 0.0  пв -> 0.0  пг -> 0.0  пд -> 0.0  пе -> 0.0023107339074899627  пж -> 0.0  пз
ра -> 0.0072478486819616255  рб -> 0.00042746807967042496  рв -> 0.0005201805274135138  рг -> 0.0001422534503538997
са -> 0.0018032924950335146  сб -> 7.78501469598456e-05  св -> 0.0013114211119690355  сг -> 4.317144513227801e-05
та -> 0.006443161253840313  тб -> 4.034053069737454e-05  тв -> 0.001655377215809808  тг -> 2.0524129653050203e-05
уа -> 6.298784617660235e-05  уб -> 0.0005711369872417764  ув -> 0.0005923688455035525  уг -> 0.001140858517266101
фа -> 0.00024133545557552136  фб -> 0.0  фв -> 1.4154572174517383e-06  фг -> 0.0  фд -> 7.077286087258692e-07  фе ->
ха -> 0.0004763013536725099  хб -> 0.0  хв -> 0.00023425816948826266  хг -> 4.954100261081084e-06  хд -> 5.66182886
ца -> 0.0005279655421094984  цб -> 0.0  цв -> 0.00011394430600486493  цг -> 0.0  цд -> 0.0  це -> 0.000572552444459
ча -> 0.001925021815734364  чб -> 0.0  чв -> 2.1231858261776075e-06  чг -> 2.1231858261776075e-06  чд -> 0.0  че ->
ша -> 0.0009745422942155217  шб -> 0.0  шв -> 4.671008817590736e-05  шг -> 0.0  шд -> 0.0  ше -> 0.0019391763879088
ща -> 0.0004586081384543632  щб -> 0.0  щв -> 0.0  щг -> 0.0  шд -> 0.0  ще -> 0.0014784450636283406  щж -> 0.0  щз
ья -> 7.077286087258692e-07  яб -> 0.00022859634061845571  яв -> 0.0013708703151020084  yg -> 0.0002130263112264866
ьа -> 5.661828869806953e-06  ьб -> 3.6094159045019325e-05  ьв -> 4.1048259306100406e-05  ьг -> 3.467870182756759e-05
эа -> 0.0  эб -> 0.0  эв -> 1.4154572174517383e-06  эг -> 1.1323657739613906e-05  эд -> 5.661828869806953e-06  эе ->
юа -> 2.1231858261776075e-06  юб -> 0.0003666034193200002  юв -> 9.200471913436299e-06  юг -> 5.661828869806953e-06
яа -> 6.369557478532822e-06  яб -> 1.769321521814673e-05  яв -> 0.0003121083164481083  яг -> 0.00013022206400555993
а -> 0.0017452587491179933  б -> 0.005228698961266721  в -> 0.013657746691191823  г -> 0.0034579619822345965

```

Entropy is: 3.9982473110824768

$$H = 3.99824$$

таб. 6

За допомогою CoolPinkProgram

```

аа -> 2.264729945108608e-05  аб -> 0.0009993120882791733  ав -> 0.0026200094552475206  аг ->
ба -> 0.0012951424373589852  бб -> 1.4154562156928799e-05  бв -> 3.114003674524336e-05  бг ->
ва -> 0.005789215922183879  вб -> 8.49273729415728e-06  вв -> 4.24636864707864e-05  вг -> 1
га -> 0.0011564277282210828  гб -> 0.0  гв -> 1.4154562156928799e-05  гг -> 1.4154562156928
да -> 0.003926475542332049  дб -> 7.218826700033687e-05  дв -> 0.0009625102266711584  дг ->
еа -> 5.378733619632944e-05  еб -> 0.0013376061238297716  ев -> 0.001331944298967  ег -> 0.0
жа -> 0.0013984707411045655  жб -> 8.49273729415728e-06  жв -> 2.83091243138576e-06  жг ->
за -> 0.005128197869455304  зб -> 0.0001472074464320595  зв -> 0.0006525253154344177  зг ->
иа -> 0.0001443765340067375  иб -> 0.0004090668463352423  ив -> 0.003193269222603137  иг ->
йа -> 5.66182486277152e-06  йб -> 5.66182486277152e-06  йв -> 1.273910594123592e-05  йг ->
ка -> 0.007400005095642376  кб -> 2.83091243138576e-06  кв -> 0.00014579199021636663  кг ->
ла -> 0.003917982805037892  лб -> 3.5386405392321996e-05  лв -> 2.689366809816472e-05  лг ->
ма -> 0.00273749232115003  мб -> 5.520279241202232e-05  мв -> 2.264729945108608e-05  мг ->
на -> 0.009394382903553645  нб -> 4.24636864707864e-06  нв -> 2.264729945108608e-05  нг ->
оа -> 1.132364972554304e-05  об -> 0.003525901433290964  ов -> 0.005442429149339124  ог ->
па -> 0.0017381802328708567  пб -> 0.0  пв -> 0.0  пг -> 0.0  пд -> 0.0  пе -> 0.0022845463
ра -> 0.007119744764935186  рб -> 0.00043454505821771417  рв -> 0.000506733325218051  рг ->
са -> 0.0018075375874398076  сб -> 7.643463564741552e-05  св -> 0.0013361906676140787  сг ->
та -> 0.0063992775511475105  тб -> 4.529459890217216e-05  тв -> 0.0016702383345175984  тг ->
уа -> 6.228007349048672e-05  уб -> 0.000577506136002695  ув -> 0.0005944916105910096  уг ->
фа -> 0.00023071936315793943  фб -> 0.0  фв -> 2.83091243138576e-06  фг -> 0.0  фд -> 1.415
ха -> 0.0004784242009041934  хб -> 0.0  хв -> 0.0002392121004520967  хг -> 7.07728107846439
ца -> 0.0005364579057476015  цб -> 0.0  цв -> 0.00011748286590250904  цг -> 0.0  цд -> 0.0
ча -> 0.00196606868359741  чб -> 0.0  чв -> 1.41545621569288e-06  чг -> 2.83091243138576e-06
ша -> 0.0009752493326123943  шб -> 0.0  шв -> 4.24636864707864e-05  шг -> 0.0  шд -> 0.0  ш
ща -> 0.000471346919825729  щб -> 0.0  щв -> 0.0  щг -> 0.0  щд -> 0.0  ще -> 0.00151736906
ья -> 1.41545621569288e-06  ьб -> 0.00022788845072655367  ьв -> 0.0014055480221830299  ьг ->
ьа -> 4.24636864707864e-06  ьб -> 3.5386405392321996e-05  ьв -> 4.387914268647928e-05  ьг ->
эа -> 0.0  эб -> 0.0  эв -> 2.83091243138576e-06  эг -> 7.0772810784643995e-06  эд -> 8.492
юа -> 0.0  юб -> 0.00037084952851153453  юв -> 1.4154562156928799e-05  юг -> 4.246368647078
яа -> 7.0772810784643995e-06  яб -> 1.840093080400744e-05  яв -> 0.00032130856096228375  яг
а -> 0.0017763975506945643  б -> 0.005262666209946127  в -> 0.013676137956024606  г ->
Entropy is: 3.9982662884909623

```

$$H = 3.9982$$

За допомогою CoolPinkProgram було оцінено значення H^{10} , H^{20} , H^{30} .

Произвольная часть текста:
ставить_на_первое_место_самого_себя_эгоизм_никогда_и_нигде_не_считался_похв

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:
5 символов
10 символов
15 символов
20 символов
25 символов
30 символов
35 символов
40 символов
45 символов
50 символов

Введенный символ: а

Символ по счету: 1

Номер эксперимента: 50

Неравенство для энтропии:
 $1,94072451102478 < H < 2,74791993994523$

Двоичная таблица угаданных символов:

01000000000000000000000000000000
00000000000000000000000000000000
00000100000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000

Поле ввода символов:
а

Продолжить Другой

Вероятности:

q[1] = 0,46
q[2] = 0,16
q[3] = 0,04
q[4] = 0,08
q[5] = 0,06
q[6] = 0,02
q[7] = 0
q[8] = 0,04
q[9] = 0
q[10] = 0,02
q[11] = 0
q[12] = 0,02
q[13] = 0
q[14] = 0
q[15] = 0
q[16] = 0
q[17] = 0
q[18] = 0,02
q[19] = 0,02
q[20] = 0
q[21] = 0,02
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0
q[25] = 0
q[26] = 0,02
q[27] = 0
q[28] = 0
q[29] = 0
q[30] = 0,02
q[31] = 0
q[32] = 0

Строка состояния:
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

$$H^{10} = \frac{1,94 + 2,75}{2} = 2,345$$

Произвольная часть текста:
ему_закону_человеческой_природы_или_нарушать_его_ту_же_идею_можно_выразить_

Использованные буквы:

Порядок n-граммы:
5 символов
10 символов
15 символов
20 символов
25 символов
30 символов
35 символов
40 символов
45 символов
50 символов

Введенный символ: с

Символ по счету: 1

Номер эксперимента: 51

Неравенство для энтропии:
 $0,708623630463532 < H < 1,1130408664833$

Двоичная таблица угаданных символов:

10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000
10000000000000000000000000000000

Поле ввода символов:
с

Продолжить Другой

Вероятности:

q[1] = 0,7843137
q[2] = 0,1372549
q[3] = 0
q[4] = 0
q[5] = 0
q[6] = 0
q[7] = 0
q[8] = 0
q[9] = 0
q[10] = 0,019607
q[11] = 0
q[12] = 0
q[13] = 0
q[14] = 0
q[15] = 0
q[16] = 0,019607
q[17] = 0
q[18] = 0
q[19] = 0
q[20] = 0,019607
q[21] = 0
q[22] = 0
q[23] = 0
q[24] = 0
q[25] = 0
q[26] = 0
q[27] = 0
q[28] = 0
q[29] = 0
q[30] = 0,019607
q[31] = 0
q[32] = 0

Строка состояния:
Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка

$$H^{20} = \frac{0,71 + 1,11}{2} = 0,91$$

Произвольная часть текста:	сподствовавшие_скажем_в_древнем_египте_вавилоне_индии_китае_греции_и_риме_t	
Использованные буквы:		
Порядок n-граммы:	Введенный символ: e	Неравенство для энтропии: 1,35997239997447 < H < 2,06507669602726
5 символов 10 символов 15 символов 20 символов 25 символов 30 символов 35 символов 40 символов 45 символов 50 символов	Символ по счету: 1	Двоичная таблица угаданных символов:
	Номер эксперимента: 51	10000000000000000000000000000000 ^ 10000000000000000000000000000000 0000000000000000000000001000000000 00001000000000000000000000000000 10000000000000000000000000000000 v 00000000000000000000000000000000
	Поле ввода символов: e	
	Продолжить Другой	
Строка состояния:	Вы угадали. Для продолжения опыта нажмите "Продолжить", или "Другой" для выбора другого порядка	

$$H^{30} = \frac{1,36+2,07}{2} = 1,715$$

N_0 для заданого алфавіту – $\log_2 32=5$, тоді:

$$\begin{aligned} 1) \quad R &= 1 - \frac{2,345}{5} = 0,531 \\ 2) \quad R &= 1 - \frac{0,91}{5} = 0,818 \\ 3) \quad R &= 1 - \frac{1,715}{5} = 0,65 \end{aligned}$$

Середнє значення R надлишковості російської мови – 0,666, але кількість проведених експериментів ніяк не прямує до нескінченності, тому можуть виникати значні похибки.

Висновки: після виконання цієї лабораторної роботи в нас з'явилося більш чітке уявлення про поняття ентропії не лише у вигляді формули, а на конкретному прикладі мови. Підтвердили, що не має істотної різниці у розподілі частот при підрахунку їх для біграм з перетином і без, що свідчить про коректність програми.

І з першої, і з другої частини роботи побачили, як часто зустрічається пробіл. Друга частина показала, що надлишковість російської мови – приблизно 66%, що свідчить про повторюваність значної кількості інформації, але є цілком природнім для усіх мов.

Також було отримано навички роботи з мовою Python та системою Git.